

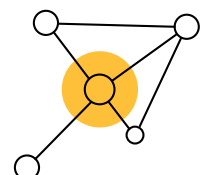
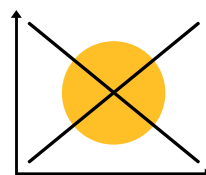
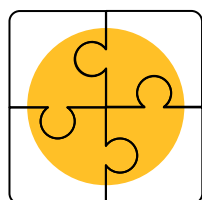
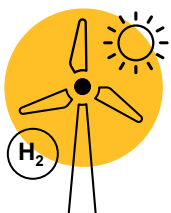
[EWI-KURZGUTACHTEN]

Potenzielle Auswirkungen zeitvariabler Netzentgelte

Eine modellbasierte Analyse

Im Auftrag von: Deutscher Naturschutzring e. V.

Oktober 2025



**Energiewirtschaftliches Institut
an der Universität zu Köln gGmbH (EWI)**

Alte Wagenfabrik
Vogelsanger Straße 321a
50827 Köln

Tel.: +49 (0)221 650 853-60

<https://www.ewi.uni-koeln.de>

Verfasst von

Berit Hanna Czock

Philipp Artur Kienschurf

Antonie Reinecke

Lisa Restel

Bitte zitieren als

EWI (2025). Potenzielle Auswirkungen zeitvariabler Netzentgelte. Kurzgutachten.

Das Energiewirtschaftliche Institut an der Universität zu Köln (EWI) ist eine gemeinnützige GmbH, die sich der anwendungsnahen Forschung in der Energieökonomik und Energie-Wirtschaftsinformatik widmet und Beratungsprojekte für Wirtschaft, Politik und Gesellschaft durchführt. Prof. Dr. Marc Oliver Bettzüge und Annette Becker bilden die Institutsleitung und führen ein Team von etwa 40 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern. Das EWI ist eine Forschungseinrichtung der Kölner Universitätsstiftung. Neben den Einnahmen aus Forschungsprojekten, Analysen und Gutachten für öffentliche und private Auftraggeber wird der wissenschaftliche Betrieb finanziert durch eine institutionelle Förderung des Ministeriums für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen (MWIKE). Die Haftung für Folgeschäden, insbesondere für entgangenen Gewinn oder den Ersatz von Schäden Dritter, ist ausgeschlossen.

Inhaltsverzeichnis

Glossar und Abkürzungsverzeichnis	4
1. Überblick und Kernaussagen	5
2. Motivation und Hintergrund	6
3. Methodik und Annahmen	7
3.1 Annahmen und Definition der exemplarischen Haushaltstypen.....	7
3.2 Strombezugskosten und zeitvariable Netzentgelte	9
3.3 Modellbeschreibung.....	11
4. Auswirkung zeitvariabler Netzentgelte.....	13
4.1 Veränderung der jährlichen Strombezugskosten	13
4.2 Veränderungen des Anteils der Strombezugskosten am Einkommen.....	15
4.3 Lastverschiebung von Haushaltstypen mit flexiblem Verbrauch.....	17
5. Verteilungswirkung und Systemkosten	20
Literaturverzeichnis	22
Abbildungsverzeichnis	24
Tabellenverzeichnis	25
Anhang.....	26
A.1 Annahmen zu den Technologiekapazitäten	26
A.2 Details zum verwendeten Optimierungsmodell	27
A.3 Belastung verschiedener Haushaltstypen nach Einkommensdezil	28

Glossar und Abkürzungsverzeichnis

EEG = Erneuerbare-Energien-Gesetz.

EFH = Einfamilienhaus.

Einkommensdezil = Einkommensdezile sind zehn gleich große Gruppen, in die die Bevölkerung nach der Höhe ihres verfügbaren Einkommens eingeteilt wird. Dabei wird das Einkommen aller Personen (oft äquivalenzgewichtet) der Größe nach sortiert und in zehn Segmente aufgeteilt, vom niedrigsten (1. Dezil) bis zum höchsten Einkommen (10. Dezil).

HT = Hochtarif

MFH = Mehrfamilienhaus.

NT = Niedrigtarif

Residuallast = Die Residuallast beschreibt die Differenz zwischen der Stromnachfrage und der Erzeugung aus volatilen erneuerbaren Energien (z. B. Photovoltaik). Eine positive Haushalts-Residuallast bedeutet, dass Strom aus dem Netz bezogen wird. Eine negative Residuallast sagt aus, dass überschüssiger Strom in das Netz eingespeist wird.

ST = Standardtarif

Statisch-zeitvariable Netzentgelte = Statisch-zeitvariabel bedeutet, dass die Netzentgelte in unterschiedlichen Zeitfenstern unterschiedlich hoch sind, dies aber vorab bekannt ist.

1. Überblick und Kernaussagen

In diesem Kurzgutachten werden die Auswirkungen eines zeitvariablen Netzentgeltmodells auf die jährlichen Strombezugskosten verschiedener Haushaltstypen untersucht. Zudem wird analysiert, wie sich die Lastverläufe in Haushalten mit Energiewendetechnologien (z.B. Photovoltaik-Anlage mit Heimspeicher) verändern könnten. Grundlage der Modellierung sind statisch-zeitvariable Tarife nach § 14a EnWG in einem exemplarischen städtischen und ländlichen Netzgebiet. Dabei orientieren sich die vorab definierten Tarifstufen statisch-zeitvariabler Netzentgelte an der erwarteten Netzauslastung und setzen Anreize für Haushalte, ihren Verbrauch anzupassen. Im Rahmen der Analyse lassen sich folgende zentrale Erkenntnisse festhalten:

- Die Einführung statisch-zeitvariabler Netzentgelte hat für Haushalte ohne Energiewendetechnologien in der kurzen Frist keine signifikanten Auswirkungen auf die jährlichen Strombezugskosten. Ein wesentlicher Grund dafür ist, dass Netzbetreiber diese Tarife kostenäquivalent zu den jährlichen Kosten eines konstanten Entgelts für ein Standardlastprofil ausgestalten müssen.
- Haushaltstypen mit Energiewendetechnologien können ihren Strombezug durch den Einsatz steuerbarer Verbrauchseinrichtungen (z. B. Elektrofahrzeug) an ein zeitvariables Entgeltmodell anpassen und dadurch signifikante Kosteneinsparungen erzielen.
- Das zeitvariable Entgeltmodell wirkt sich unterschiedlich stark auf die Lastverschiebung der betrachteten Haushalte mit Energiewendetechnologien aus, abhängig von der Entgeltstruktur, der Jahreszeit und der jeweiligen Technologieausstattung.
- Im Sommer beeinflusst ein statisch-zeitvariables Entgeltmodell die Residuallast eines Haushalts mit PV-Anlage und Batterie in einer ländlichen Region kaum. Dies liegt daran, dass der Stromverbrauch im Sommer durch die PV-Erzeugung und den eingespeicherten Solarstrom größtenteils gedeckt werden kann.
- Die Betrachtung eines städtischen Haushalts mit Elektroauto und Balkonkraftwerk legt nahe, dass der Haushalt den Ladezeitpunkt des Elektroautos an die zeitvariablen Netzentgelte anpassen und vornehmlich in den frühen Morgenstunden mit wenig Netzbelastung laden kann. Dies könnte zur Verringerung von Netzausbaubedarfen beitragen, wobei jedoch potenzielle Gegenwirkungen durch gleichzeitiges Ladeverhalten vieler Haushalte bei niedrigen Strombezugskosten zu berücksichtigen sind.
- Eine regional differenzierte Ausgestaltung zukünftiger Entgeltmodelle unter Einbezug der Saisonalität ist erforderlich, um der Heterogenität der Netzgebiete hinsichtlich Verbraucher- und Erzeugungsstruktur gerecht zu werden. Dabei sollten Verteilungswirkungen berücksichtigt werden.

2. Motivation und Hintergrund

Die Systematik der Netzentgelte in Deutschland ist seit mehreren Jahrzehnten weitgehend unverändert, obwohl sich das Stromsystem im Zuge der Energiewende grundlegend gewandelt hat. Der Ausbau erneuerbarer Energien, die zunehmende Dezentralisierung der Stromerzeugung und die fortschreitende Elektrifizierung durch Sektorenkopplung (beispielsweise durch Elektroautos und Wärmepumpen) führen zu veränderten Anforderungen an das Stromnetz. Diese Entwicklungen können steigende Kosten für Netzbetrieb und -ausbau mit sich ziehen, die über die Netzentgelte an die Stromverbrauchenden weitergegeben werden (ef.Ruhr und EWI 2024).

Derzeit zahlen nahezu alle Haushalte für jede verbrauchte Kilowattstunde denselben Betrag, unabhängig davon, wie stark das Netz zu bestimmten Tageszeiten ausgelastet ist. Um Anreize für eine zeitliche Flexibilisierung des Stromverbrauchs (also etwa das Verschieben der Ladezeit eines Elektroautos) zu schaffen und damit die Auslastung der Netzinfrastuktur zu verringern, wird im Zuge der anstehenden Reform nach Auslaufen der heutigen Stromnetzentgeltverordnung (StromNEV) eine stärkere zeitliche und räumliche Dynamisierung der Netzentgelte diskutiert (Bundesnetzagentur 2025c). Bereits heute können nach § 14a EnWG statisch-zeitvariable¹ Tarife erhoben werden, die bei Haushalten mit Energiewendetechnologien wie Wärmepumpen oder PV-Anlagen mit Batteriespeicher Anwendung finden können. Diese Haushalte haben die Möglichkeit, ihren Stromverbrauch gezielt an die verschiedenen Tarifstufen anzupassen. Die zugrunde liegenden Tarifstufen, die typischerweise zwischen Niedrig-, Standard- und Hochtarifen differenzieren, reflektieren dabei die (erwartete) Netzbelastungssituation. Ein zeitweise hohes Entgelt signalisiert eine hohe Netzbelastung und motiviert flexible Verbraucher zur Reduktion des Strombezugs. Bei hoher dezentraler Einspeisung oder geringer Stromnachfrage kann ein niedriges Entgelt erhoben werden, wodurch Nachfrage angeregt und das Netz lokal entlastet werden könnte. Haushalte ohne Energiewendetechnologien haben deutlich eingeschränkte Möglichkeiten auf die netzdienlichen Anreize zu reagieren und damit Einsparungen in ihren jährlichen Strombezugskosten zu erzielen. Das ist darin begründet, dass sie ihren Strombezug (z.B. zum Kochen) ohne eigene Erzeugungs- oder Speicheroptionen kaum flexibel anpassen können - zumindest nicht ohne zusätzliche Verhaltensanpassungen oder Einschränkungen.

Vor diesem Hintergrund wird in dem vorliegenden Kurzgutachten analysiert, welche Auswirkungen statisch-zeitvariable Netzentgelte auf die Strombezugskosten von verschiedenen Haushaltstypen haben könnten. Dazu werden exemplarische Haushalte mit und ohne Energiewendetechnologien, die eine flexible Anpassung an zeitvariable Strompreise ohne Verhaltensänderungen ermöglichen, untersucht. Hierbei werden einerseits quantitative Effekte auf die jährlichen Strombezugskosten analysiert und andererseits mögliche Effekte auf den Netzausbaubedarf qualitativ diskutiert. In diesem Kontext wird betrachtet, inwieweit zeitvariable Entgeltsysteme die bestehende Netzinfrastuktur effizienter auslasten und dadurch den Investitionsbedarf in den Netzausbau verringern könnten.

¹ Statisch-zeitvariabel bedeutet, dass die Netzentgelte in unterschiedlichen Zeitfenstern unterschiedlich hoch sind, dies aber vorab bekannt ist. Demgegenüber werden dynamisch-zeitvariable Netzentgelte in Echtzeit der Netzauslastung angepasst.

3. Methodik und Annahmen

3.1 Annahmen und Definition der exemplarischen Haushaltstypen

Ziel der quantitativen Analyse ist es, die Auswirkungen zeitvariabler Netzentgelte auf die Strombezugskosten verschiedener Haushaltstypen zu untersuchen. Dazu findet eine deskriptive Typisierung von Haushalten statt, die sowohl technische als auch ökonomische und soziale Dimensionen berücksichtigt. Ziel ist es, Beispielhaushalte abzuleiten, die eine gewisse Repräsentativität innerhalb der Bevölkerung aufweisen und dabei die relevante sozioökonomische und technische Bandbreite abdecken. Zur Analyse der Auswirkungen zeitvariabler Netzentgelte werden sechs exemplarische Haushaltstypen betrachtet. Ihre Auswahl basiert auf zentralen Merkmalen wie Gebäudetyp, Region, Stromverbrauch und der Ausstattung mit Energiewendetechnologien (z. B. Photovoltaik-Anlage, Elektrofahrzeug, Wärmepumpe oder Heimspeicher). Die Auswahl von sechs Haushaltstypen ermöglicht keine umfassende Analyse aller denkbaren Effekte. Sie ist aber ein guter Ausgangspunkt dafür, wesentliche Einflussfaktoren der Wirkung einer Netzentgeltreform zu diskutieren.

In der quantitativen Analyse werden zunächst Haushalte ohne Energiewendetechnologien betrachtet, die etwa 69 % aller Haushalte repräsentieren (KfW 2024). Es wird vereinfachend davon ausgegangen, dass diese Haushalte ihren Stromverbrauch nicht an zeitvariable Netzentgelte anpassen. In Abbildung 1 sind die Steckbriefe der Haushaltstypen aufgeführt. Zur Bildung der Haushaltstypen ohne Energiewendetechnologien werden die Ausprägungen der Dimensionen „Region“ und „Gebäudetyp“ variiert. Es wird angenommen, dass Haushalte in ländlichen Gebieten in Einfamilienhäusern (EFH) und Haushalte in städtischen Gebieten in Mehrfamilienhäusern (MFH) wohnen. Daraus ergeben sich vier unterschiedliche Haushaltstypen, die jeweils entweder einem kleineren Haushalt (1-2 Personen) oder einem größeren Haushalt (3 Personen) zugeordnet sind. Der jährliche Stromverbrauch ohne Warmwasseraufbereitung basiert auf dem durchschnittlichen Stromverbrauch nach Haushaltsgröße und Gebäudetyp und beträgt bei kleinen Haushalten 1.200 kWh im MFH und 2.700 kWh im EFH, bei größeren Haushalten 2.400 kWh im MFH und 3.500 kWh im EFH (Stromspiegel 2025). Es wird angenommen, dass die Haushaltstypen ohne Energiewendetechnologien ihren Wärmebedarf nicht über Strom decken.

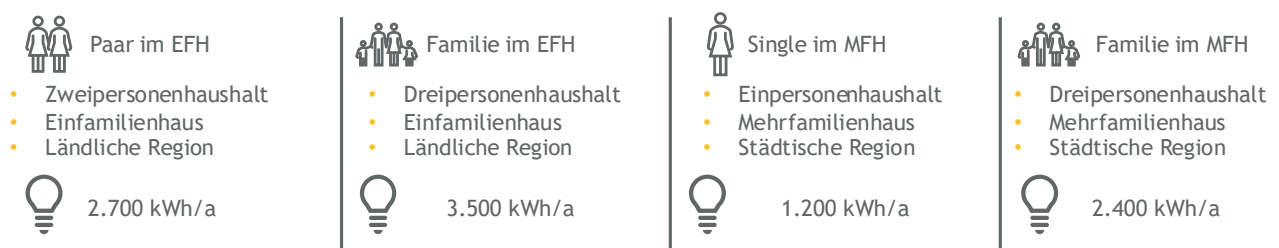


Abbildung 1: Definition der Beispielhaushalte ohne Energiewendetechnologien

Neben den Haushaltstypen ohne Energiewendetechnologien werden die Auswirkungen zeitvariabler Netzentgelte auf Haushaltstypen mit entsprechenden Technologien analysiert. Da lediglich rund ein Drittel der deutschen Haushalte über Energiewendetechnologien verfügt (KfW 2024), fokussiert sich diese Analyse im Vergleich zu den Haushalten ohne solche Technologien auf zwei exemplarische Typen. Zwischen den beiden Haushaltstypen bestehen Unterschiede in Bezug auf Technologieausstattung, Region und Gebäudetyp (siehe Abbildung 2).

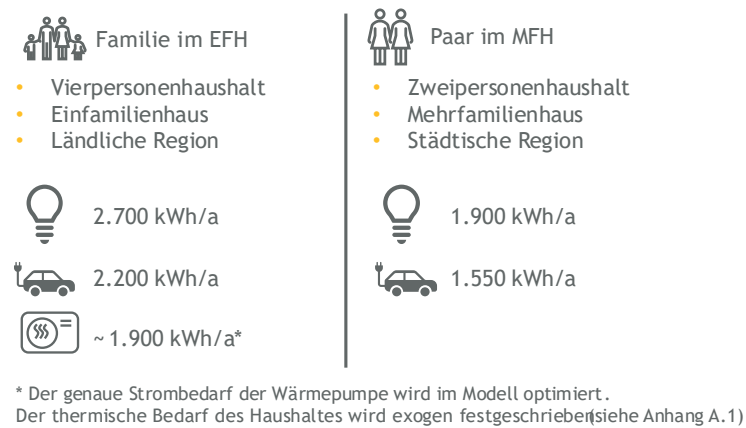


Abbildung 2: Definition der Beispielhaushalte mit Energiewendetechnologien

Einer der Haushalte ist als Vierpersonenhaushalt in einem Einfamilienhaus in ländlicher Region definiert. Er verfügt über eine PV-Anlage mit Batteriespeicher, über eine Wärmepumpe mit thermischem Puffer für Heiz- und Warmwasserzwecke sowie über ein Elektroauto. Die getroffenen Annahmen zur Technologiekapazität stützen sich auf einschlägige Literatur und eigene Berechnungen, sie sind in Anhang A.1 dokumentiert. Es wird davon ausgegangen, dass die PV-Anlage neben der Deckung des Eigenbedarfs auch Strom in das Netz einspeisen kann und hierfür eine Einspeisevergütung nach dem EEG in Höhe von 8,11 ct/kWh erhält (Bundesnetzagentur 2025a). Der jährliche Stromverbrauch ohne Warmwasseraufbereitung beträgt 3.800 kWh. Für den jährlichen Stromverbrauch sowie das Fahrprofil des Elektroautos wird angenommen, dass der Haushalt aus einer Vollzeitbeschäftigten, einem Teilzeitbeschäftigten und zwei Kindern besteht. Das Elektroauto hat dabei einen jährlichen Bedarf von etwa 2.200 kWh (Ffe 2020). Der Heizbedarf für den Vierpersonenhaushalt mit Wärmepumpe leitet sich aus der Energieeffizienzklasse des Gebäudes und der Quadratmeteranzahl der Wohnfläche ab (Verbraucherzentrale 2025). Der Warmwasserbedarf wird basierend auf der Wohnfläche und einer entsprechenden Kennzahl (DIN V 4701-10) ermittelt. Der genaue Strombedarf der Wärmepumpe wird basierend auf dem festgelegten Wärmebedarf der Haushalte im Modell optimiert und beträgt etwa 1.900 kWh.

Der zweite Haushalt wird als Zweipersonenhaushalt definiert, der ein Elektroauto mit einer eigenen Wallbox in der Tiefgarage und ein Balkonkraftwerk ohne Einspeisevergütung besitzt. Der Haushalt lebt in einem MFH in städtischer Lage. Der jährliche Haushaltsstromverbrauch ohne Warmwasser liegt bei 1.900 kWh. Für den jährlichen Stromverbrauch sowie das Fahrprofil des Elektroautos wird das Profil von zwei vollzeitbeschäftigten Personen verwendet, die einen jährlichen Bedarf von etwa 1.550 kWh aufweisen (Ffe 2020).

Weitere Details zu den getroffenen Annahmen der beiden Haushalte sind in Anhang A.1 aufgeführt.

3.2 Strombezugskosten und zeitvariable Netzentgelte

Die Strombezugskosten im heutigen zeitinvarianten Netzentgeltsystem und unter zeitvariablen Netzentgelten stellen eine zentrale Eingangsgröße der Analyse dar. Sie ergeben sich aus den Preisen für Beschaffung und Vertrieb, den Netzentgelten (bestehend aus Grundpreis (GP) und Arbeitspreis (AP)) sowie den Steuern, Abgaben und Umlagen. In Tabelle 1 sind die Annahmen über die Strombezugskosten unter dem derzeitigen Entgeltmodell und unter dem zeitvariablen Entgeltmodell dargelegt. Das zeitvariable Entgeltmodell ist in drei Tarifstufen unterteilt: Niedrigtarif (NT), Standardtarif (ST) und Hochtarif (HT).

Tabelle 1: Annahmen zu den Strombezugskosten in den Szenarien

Szenario	Bestandteile Strombezugskosten	ländlich	städtisch
Statisches Entgeltmodell	Netzkosten (2025)	AP: 6,99 ct/kWh GP: 87 €/a	AP: 9,52 ct/kWh GP: 65 €/a
	Statischer Beschaffungspreis	16,13 ct/kWh	16,13 ct/kWh
	Steuern, Abgaben und Umlagen (2025)	6,37 ct/kWh	6,37 ct/kWh
Zeitvariables Entgeltmodell	Netzkosten (2025)	AP (NT/ST/HT): 0,70 / 6,99 / 13,88 ct/kWh GP: 87 €/a	AP (NT/ST/HT): 0,96 / 9,52 / 13,47 ct/kWh GP: 65 €/a
	Statischer Beschaffungspreis	16,13 ct/kWh	16,13 ct/kWh
	Steuern, Abgaben und Umlagen (2025)	6,37 ct/kWh	6,37 ct/kWh
Sensitivität: zeitvariables Entgeltmodell + dynamische Strompreise	Netzkosten (2025)	AP (NT/ST/HT): 0,70 / 6,99 / 13,88 ct/kWh GP: 87 €/a	AP (NT/ST/HT): 0,96 / 9,52 / 13,47 ct/kWh GP: 65 €/a
	Dynamischer Beschaffungspreis (2024)	AP: stündliche Preisänderung (Ø 12,25 ct/kWh) GP: 9,60 €/Monat	
	Steuern, Abgaben und Umlagen (2025)	6,37 ct/kWh	6,37 ct/kWh

Die Netzentgelte des statischen Entgeltmodells (Arbeitspreis und Grundpreis) basieren auf einer aktuellen Auswertung der Preisblätter von je einem städtischen und einem ländlichen Verteilnetzbetreiber aus dem Jahr 2025. Im städtischen Netzgebiet fällt der Arbeitspreis etwas höher aus als im ländlichen Raum, während der jährliche Grundpreis in der ländlichen Region 22 €/a über dem des städtischen Netzgebiets liegt. Der Arbeitspreis im zeitvariablen Entgeltmodell orientiert sich an den statisch-zeitvariablen Netzentgelten derselben Verteilnetzbetreiber gemäß § 14a EnWG (Modul 3). Es wird angenommen, dass der jährliche Grundpreis sich nicht verändert.

Für beide Entgeltmodelle wird ein synthetischer Preis für Beschaffung und Vertrieb von 16,13 ct/kWh angenommen. Dieser Wert liegt zwischen dem durchschnittlichen Strompreis aller verfügbaren Tarife im Jahr 2024 (BDEW 2025) und einem der günstigsten auf einer Vergleichsplattform gelisteten Tarife.

Die Steuern, Abgaben und Umlagen exklusive Mehrwertsteuer betragen im Jahr 2025 in Summe 6,37 ct/kWh (BDEW 2025).

Infobox: Regelung §14a EnWG, Modul 3

Bereits heute können Netzkunden mit steuerbaren Verbrauchseinrichtungen ein zeitvariables Netznutzungsentgelt in Anspruch nehmen. Ab Oktober 2024 sind Verteilnetzbetreiber verpflichtet, innerhalb eines Tages unterschiedliche Tarifstufen festzulegen. Diese sollen sich an der erwarteten Netzauslastung orientieren und Anreize schaffen, den Stromverbrauch in Zeiten geringer Netzauslastung zu verlagern (Bundesnetzagentur 2025b). Die Netzbetreiber gestalten die Tarifstufen eigenständig und müssen dabei die Vorgaben der Bundesnetzagentur einhalten. Es gibt drei Tarifstufen: Niedrigtarif, Standardtarif und Hochtarif. Jede dieser Stufen muss mindestens einmal täglich auftreten. Der Hochtarif muss täglich mindestens zwei Stunden gelten und darf höchstens das Doppelte des Standardtarifs betragen. Der Niedrigtarif muss zwischen zehn und vierzig Prozent des Standardtarifs liegen. Für Haushaltskunden mit dem sogenannten Standardlastprofil H0 muss das variable Netzentgelt über das Jahr hinweg genauso hoch sein wie ein konstantes Entgelt auf Basis des Standardtarifs. Zudem müssen die variablen Netzentgelte für mindestens zwei Quartale im Jahr gelten.

Eine Auswertung der statisch-zeitvariablen Netzentgelte von Ffe (2024) zeigt, dass eine hohe Heterogenität in der Ableitung der Tarifstrukturen zwischen den Verteilnetzbetreibern besteht. Die Unterschiede in den Tariffenstern könnten unter anderem auf die jeweilige Erzeugungsstruktur und die strukturellen Eigenschaften im Netzgebiet zurückgeführt werden.

In der Sensitivitätsanalyse werden die Auswirkungen eines zeitvariablen Netzentgeltmodells in Kombination mit dynamischen Strompreisen auf die jährlichen Strombezugskosten und die Lastverläufe untersucht. Ziel ist es, die Wechselwirkungen zwischen zeitvariablen Netzentgelten und dynamischen Strompreisen zu analysieren.

Die Annahmen zu den Strombezugskosten unterscheiden sich nur in den Preisen für Beschaffung und Vertrieb vom Szenario des zeitvariablen Entgeltmodells. Der dynamische Beschaffungspreis basiert auf der Day-Ahead-Preiszeitreihe des Jahres 2024 zuzüglich eines durchschnittlichen monatlichen Grundpreises von 9,60 €. Für ein Standardlastprofil beträgt der mengengewichtete Durchschnittspreis 12,25 ct/kWh und liegt damit unter dem statischen Beschaffungspreis von 16,1 ct/kWh.

In Abbildung 3 sind die angenommenen Netzentgelte in einem laststarken Netzgebiet in einer städtischen Region und in einem Netzgebiet mit hoher Solareinspeisung in einer ländlichen Region dargestellt. In Regionen mit hoher Solareinspeisung werden die Niedrigtarifzeiten typischerweise

auf die Mittagsstunden gelegt, in denen ein hoher Solarertrag vorliegt. Im ländlichen Netzgebiet besteht eine große Spreizung zwischen Standard- und Hochtarif, wobei der Standardtarif nahezu doppelt so hoch ist wie der Hochtarif.

In städtisch geprägten Netzgebieten hingegen befinden sich die Niedrigtariffenster in der Regel in den Nachtstunden, in denen der Stromverbrauch der Netzkunden besonders niedrig ist. Die Hochtarif-Zeitfenster liegen in den beiden Netzgebieten zwischen 17 und 21 Uhr und hängen mit der Abendspitzenlast der Haushalte zusammen.

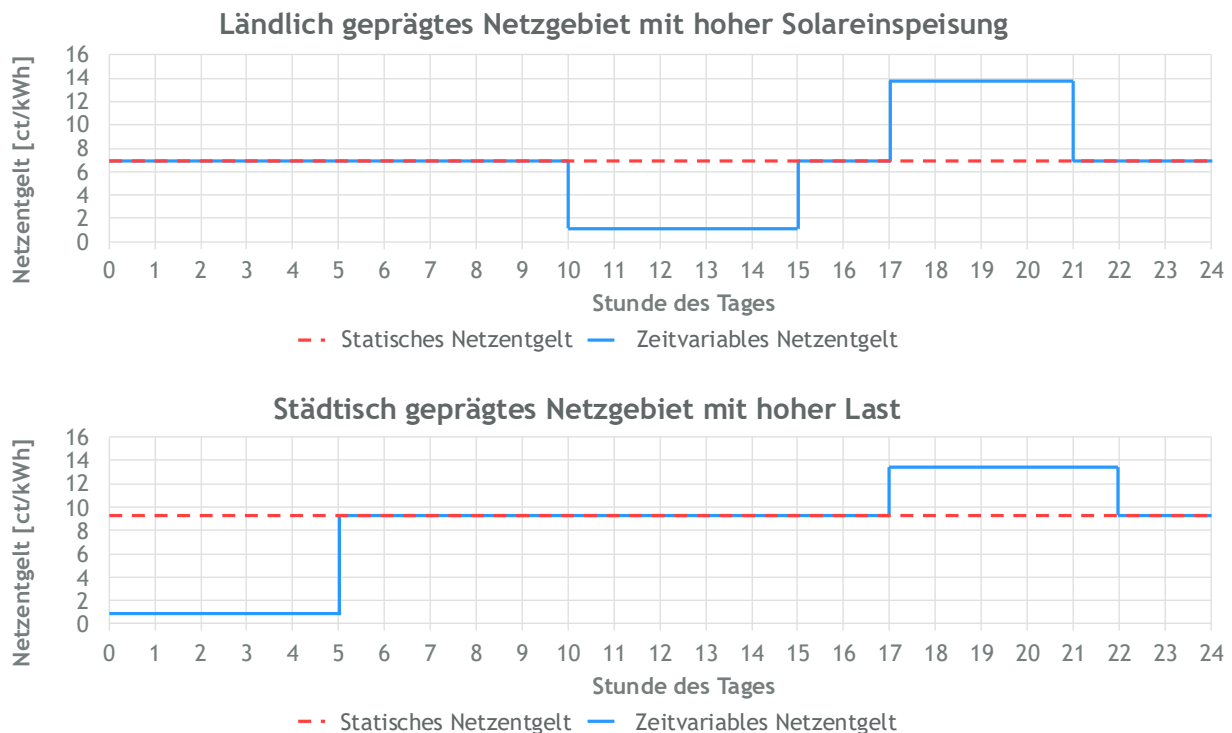


Abbildung 3: Tarifstruktur eines ländlichen und eines städtischen Netzbetreibers

3.3 Modellbeschreibung

Um die Auswirkungen statisch-zeitvariabler Netzentgelte auf die jährlichen Strombezugskosten für die sechs definierten Haushaltstypen abzuschätzen, werden die erwarteten jährlichen Strombezugskosten berechnet. In die Berechnung fließen haushaltsspezifische Lastprofile (basierend auf VDI 2021) sowie die zeitliche Preisstruktur ein.

Für Haushaltstypen ohne Energiewendetechnologien wird angenommen, dass sie ihren Stromverbrauch bei Preisänderungen der Bezugskosten nicht anpassen. Entsprechend wird das Lastprofil dieser Haushaltstypen nur mit den stündlichen Strombezugskosten verrechnet.

Bei den beiden Haushaltstypen mit Energiewendetechnologien wird angenommen, dass sie ihren Stromverbrauch entsprechend den variablen Strombezugskosten optimieren und dadurch ihre Strombezugskosten senken können. Um die Verbrauchsanpassungen infolge zeitvariabler Netzentgelte zu quantifizieren, wird das Optimierungsmodell *Electroscape* angewendet (Restel und Say 2025). Das Modell dient der Ermittlung eines techno-ökonomisch optimalen Einsatzes von steuerbaren Verbrauchseinrichtungen, wobei die Minimierung der Strombezugskosten auf

Haushaltsebene im Fokus steht. Es wird unterstellt, dass Strom-, Warmwasser-, Heiz- und Mobilitätsbedarfe stets erfüllt werden müssen. Grundsätzlich flexibel sind allerdings die Beladung der thermischen Speicher und des Elektrofahrzeuges sowie die Entladung des Heimspeichers. Weitere Details zum Modell sind in Anhang A.2 aufgeführt.

4. Auswirkung zeitvariabler Netzentgelte

4.1 Veränderung der jährlichen Strombezugskosten

Die jährlichen Strombezugskosten im zeitvariablen Entgeltmodell und die Differenz gegenüber dem derzeitigen statischen Entgeltmodell sind in Tabelle 2 dargestellt. Hierbei werden die absoluten und die relativen Veränderungen der Strombezugskosten bei Einführung eines zeitvariablen Entgeltmodells aufgezeigt. In dieser exemplarischen Berechnung führen zeitvariable Netzentgelte bei gleichem Nutzungsverhalten für Haushaltstypen ohne Energiewendetechnologien zu einem geringfügigen Anstieg der jährlichen Strombezugskosten. Mit der Einführung eines zeitvariablen Entgeltmodells steigen die jährlichen Strombezugskosten bei Haushalten in Einfamilienhäusern ohne Energiewendetechnologien um 1,4 %, während sie bei Haushalten in Mehrfamilienhäusern mit einer Steigerung von 0,2 % nahezu unverändert bleiben. Der stärkere Anstieg der jährlichen Strombezugskosten von Haushalten im EFH könnte unter anderem auf die hohe Spreizung zwischen dem Standard- und Hochtarif des ländlichen Netzbetreibers zurückgeführt werden. Die geringen Auswirkungen eines zeitvariablen Entgeltmodells auf Haushaltstypen ohne Energiewendetechnologien sind zu erwarten, da die Netzbetreiber die zeitvariablen Tarife so ausgestalten müssen, dass sie kostenäquivalent zu den jährlichen Kosten eines konstanten Netznutzungsentgelts für ein Standardlastprofil sind.

Tabelle 2: Jährliche Strombezugskosten unter dem zeitvariablen Entgeltmodell und Differenz zum derzeitigen zeitinvarianten Netzentgelt

Haushaltstyp	Strombezugs- kosten pro Jahr [€/a]	Verbrauchs- unabhängige Stromkosten [€/a]	Absolute Differenz zum statischen Entgeltmodell [€/a]	Relative Differenz zum statischen Entgeltmodell
EFH, 2 Personen, ländlich	805,1	87,0	10,9	+1,4 %
EFH, 3 Personen, ländlich	1044,0	87,0	14,5	+1,4 %
MFH, 1 Person, städtisch	384,2	65,0	0,9	+0,2 %
MFH, 3 Personen, städtisch	768,4	65,0	1,7	+0,2 %
EFH, 4 Personen, ländlich, PV-Anlage + Batterie + Wärmepumpe + Elektroauto	469,0	87,0	-51,0	-9,8 %
MFH, 2 Personen, städtisch, Balkonkraftwerk + Elektroauto	816,1	65,0	-110,2	-11,9 %

Haushaltstypen mit Energiewendetechnologien können bei der Einführung zeitvariabler Netzentgelte ihre jährlichen Strombezugskosten senken, da sie ihren Verbrauch durch den Einsatz von Batteriespeichern und/oder Elektrofahrzeugen zeitlich anpassen können. Durch ihren

flexiblen Verbrauch können Haushalte im zeitvariablen Entgeltmodell gegenüber dem heute üblichen Modell jährliche Einsparungen bei den Strombezugskosten von bis zu 11,9 % erzielen.

In einer Sensitivitätsanalyse wurde die Analyse erweitert, indem die Wechselwirkungen zwischen einem zeitvariablen Entgeltmodell und dynamischen Strompreisen, wie sie in Spotmarkt-basierten Tarifen angeboten werden, untersucht wurden. Die Auswirkungen einer Kombination aus zeitvariablen Entgelten und dynamischen Strompreisen sind bei Haushaltstypen ohne Energiewendetechnologien nicht eindeutig, s. Tabelle 3.

Im betrachteten Szenario zahlen Haushaltstypen mit geringem Stromverbrauch durch den hohen Grundpreis dynamischer Tarife mehr (s. MFH, 1 Person), während Haushalte mit hohem Stromverbrauch durch die Kombination zeitvariabler Entgelte und dynamischer Strompreise ihre jährlichen Strombezugskosten leicht senken können (s. EFH, 3 Personen). Hingegen können Haushaltstypen mit Energiewendetechnologien ihren Stromverbrauch zusätzlich zu den variablen Entgelten auch gegenüber dynamischen Strompreisen optimieren und damit weitere Kosteneinsparungen erzielen. Die Effekte zeitvariabler Netzentgelte in Verbindung mit dynamischen Strompreisen sind bei Haushalten im MFH mit Elektroauto und Balkonkraftwerk ausgeprägter als bei Haushalten im EFH mit PV-Anlage und Batterie. Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass Haushalte mit PV-Anlage und Batterie bereits im Status Quo durch den hohen Eigenverbrauch geringere Strombezugskosten aufweisen und daher unabhängiger von Netzentgelten und Beschaffungspreisen agieren können.

Tabelle 3: Jährliche Strombezugskosten unter dem zeitvariablen Entgeltmodell in Kombination mit dynamischen Strombeschaffungspreisen

Haushaltstyp	Stromkosten pro Jahr [€/a]	Verbrauchs-unabhängige Stromkosten [€/a]	Absolute Differenz zum Status-Quo [€/a]	Relative Differenz zum Status-Quo
EFH, 2 Personen, ländlich	810,1	202,0	15,9	+2,0 %
EFH, 3 Personen, ländlich	1017,2	202,0	-12,3	-1,2 %
MFH, 1 Person, städtisch	453,9	180,0	70,6	+18,4 %
MFH, 3 Personen, städtisch	792,8	180,0	26,1	+3,4 %
EFH, 4 Personen, ländlich, PV-Anlage + Batterie + Wärmepumpe + Elektroauto	437,1	202,0	-82,9	-15,9 %
MFH, 2 Personen, städtisch, Balkonkraftwerk + Elektroauto	742,6	180,0	-183,6	-19,8 %

4.2 Veränderungen des Anteils der Strombezugskosten am Einkommen

Zur Untersuchung der sozioökonomischen Auswirkungen eines zeitvariablen Entgeltmodells wurde der Anteil der jährlichen Strombezugskosten vom Einkommen abhängig vom Einkommensdezil berechnet. In Abbildung 5 ist dieses für das betrachtete statische und variable Entgeltmodell exemplarisch für zwei Haushaltstypen abgebildet. Die Ergebnisse für alle anderen Haushaltstypen sind in Anhang A.3 aufgelistet.

In allen Einkommensdezilen liegt der Anteil der jährlichen Strombezugskosten am absoluten Einkommen für Haushaltstyp mit Energiewendetechnologien (s. Abbildung 4, EFH, 4 Pers + Flex) unter dem jährlichen Stromkostenanteil von Haushalten ohne Energiewendetechnologien (s. Abbildung 4, EFH, 4 Pers). Zudem führt die Einführung zeitvariabler Netzentgelte bei Haushalten mit Energiewendetechnologien zu Kosteneinsparungen und einer Reduktion des jährlichen Stromkostenanteils, während Haushalte ohne solche Technologien durch das zeitvariable Entgeltmodell leicht höhere Stromkosten tragen und damit der Stromkostenanteil minimal ansteigt.

Wird der Anteil der jährlichen Strombezugskosten am absoluten Einkommen im ersten Einkommensdezil (geringstes Einkommen) betrachtet, liegt der Anteil der Stromkosten am Einkommen beim Haushaltstyp mit Energiewendetechnologien (EFH, 4 Pers + Flex) mit 1,9 % deutlich unter dem des Haushaltstyps ohne Energiewendetechnologie (EFH, 3 Pers) (3,8 %), da dieser insbesondere im Sommer einen hohen Eigenverbrauch von PV-Strom aufweist und Kosten zusätzlich durch die Vergütung der Stromeinspeisung reduzieren kann. Der Haushaltstyp ohne Flexibilität erfährt durch die Einführung eines zeitvariablen Entgeltmodells kaum zusätzliche Belastungen. So steigt der Strombezugskostenanteil am Einkommen infolge zeitvariabler Netzentgelte maximal um 0,05 %-Punkte an (siehe Abbildung 5). Der Haushaltstyp, der seinen Stromverbrauch mithilfe von Energiewendetechnologien an das zeitvariable Entgeltmodell anpasst, erzielt Kosteneinsparungen. Für diesen Haushaltstyp sinkt der jährliche Strombezugskostenanteil im ersten Einkommensdezil um 0,41 %-Punkte. Der Entlastungseffekt nimmt dabei mit zunehmendem Einkommensdezil ab.

Mit Blick auf die Verteilung sind Haushalte mit Energiewendetechnologien überproportional in höheren Einkommensdezilen vertreten. So geht in einer statistischen Erhebung im Jahr 2024 hervor, dass Haushalte mit Flexibilität im höchsten Einkommensdezil 2,5-mal häufiger vertreten sind als im niedrigsten Dezil (KfW 2024). Diese ungleiche Verteilung impliziert, dass die entlastende Wirkung von zeitvariablen Netzentgelten für Energiewendehaushalte potenziell asymmetrische Verteilungseffekte erzeugt.

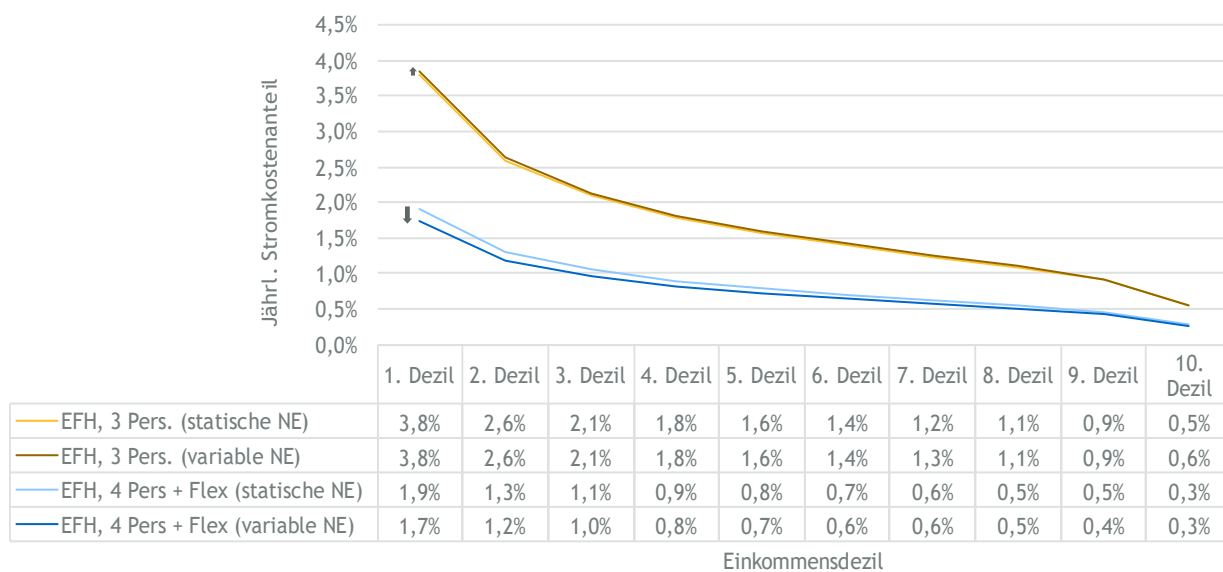


Abbildung 4: Anteil jährlicher Strombezugskosten am Einkommen bei statischem und variablem Entgeltmodell

4.3 Lastverschiebung von Haushaltstypen mit flexiblem Verbrauch

Im Folgenden wird untersucht, inwieweit ein zeitvariables Entgeltmodell die Residuallastverläufe (s. Glossar) von Haushalten mit Energiewendetechnologien beeinflusst. Aus den resultierenden Veränderungen dieser Residuallastverläufe lassen sich indikativ potenzielle Auswirkungen auf die Netzauslastung und den Netzausbaubedarf ableiten.

In Abbildung 5 ist die durchschnittliche Residuallast im Winter für den Vierpersonenhaushalt im EFH mit PV-Anlage, Batterie, Elektrofahrzeug und Wärmepumpe unter dem statischen und dem zeitvariablen Entgeltmodell aufgezeigt. Die Abbildung verdeutlicht, dass die Einführung eines zeitvariablen Entgeltmodells (bei konstanten Strompreisen) eine Verschiebung der Spitzenlast vom Hochtarif- in das Niedrigtariffenster beziehungsweise von den Abend- in die Mittagsstunden im Winter bewirkt. Im Hochtariffenster des neuen Modells erfolgt im Winter kein Strombezug aus dem Netz, da der Haushaltsbedarf ausschließlich durch Batterientladung und PV-Erzeugung gedeckt wird. Bezogen auf die Netzauslastung könnte die Lastverschiebung in die Mittagsstunden hier zur Glättung der Gesamtlastprofile beitragen.

Es ist anzunehmen, dass zur Deckung der erhöhten Mittagslast im Winter unter einem variablen Entgelt Strom überregional bezogen werden müsste, was potenziell zu einem erhöhten Netzausbaubedarf führen könnte. Wird das zeitvariable Netzentgelt um einen dynamischen Strompreistarif ergänzt, verlagert sich im Winter die Lastspitze vornehmlich in die frühen Morgenstunden.

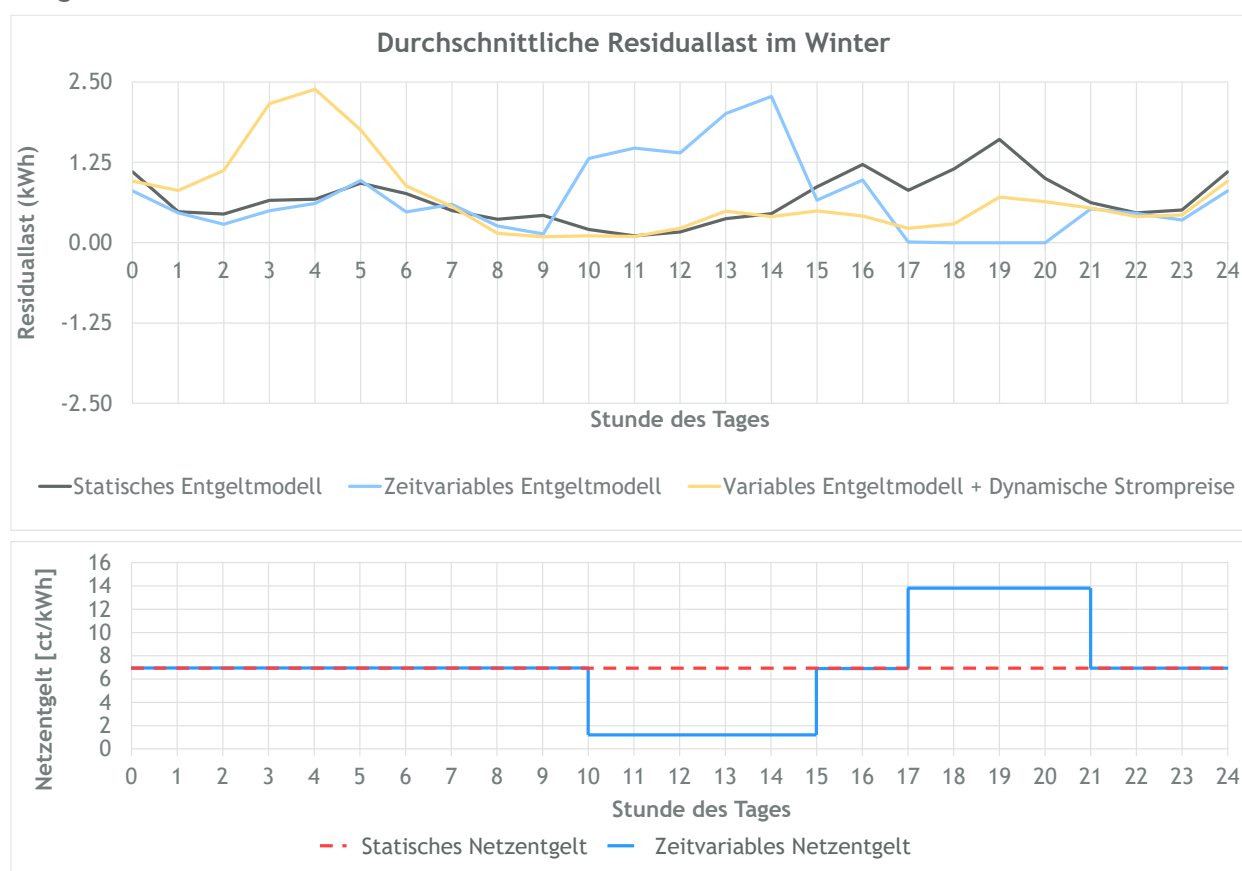


Abbildung 5: Durchschnittliche Residuallast im Winter unter dem statischen und dem zeitvariablen Entgeltmodell für den Vierpersonenhaushalt im EFH mit PV-Anlage, Batterie, Elektrofahrzeug und Wärmepumpe

Dies deutet darauf hin, dass die Marktpreissignale aus günstigen Strombeschaffungspreisen in der Nacht stärker wirken als die Einsparungen durch den Niedrigtarif in den Mittagsstunden.

Im Vergleich zu den Auswirkungen eines zeitvariablen Entgeltmodells im Winter führen zeitvariable Netzentgelte mit und ohne Kombination dynamischer Strombeschaffungspreise im Sommer kaum zu Veränderungen in der Residuallast (siehe Abbildung 6). Die im Sommer hohe Eigenenerzeugung von PV-Strom ermöglicht es dem Haushalt in beiden Entgeltmodellen, den Eigenverbrauch nahezu vollständig über den Strom aus der PV-Anlage und der Batterie zu decken, während überschüssiger PV-Strom während der Tagesstunden in das Stromnetz eingespeist wird.

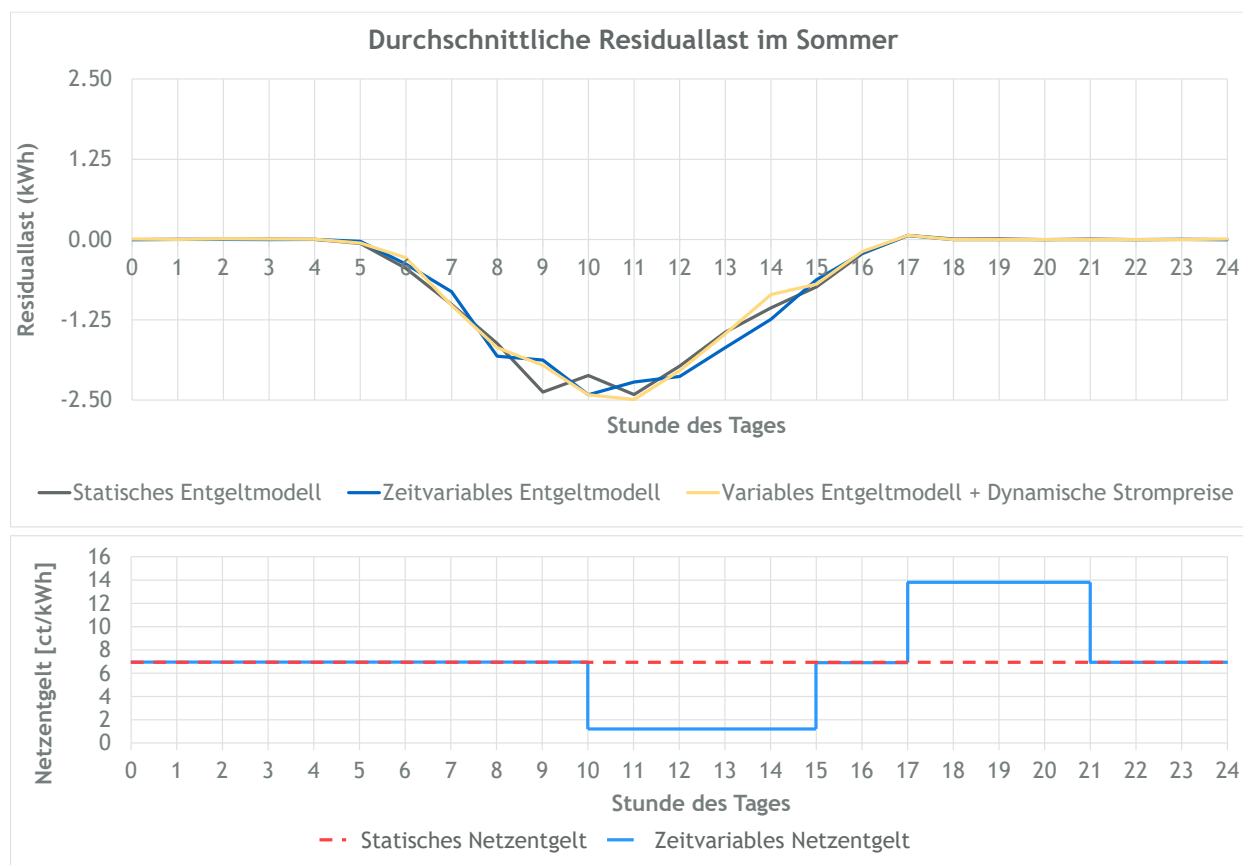


Abbildung 6: Durchschnittliche Residuallast im Sommer unter dem statischen und dem zeitvariablen Entgeltmodell für den Vierpersonenhaushalt im EFH mit PV-Anlage, Batterie, Elektrofahrzeug und Wärmepumpe

Anders stellen sich die Auswirkungen eines zeitvariablen Entgeltmodells bei dem untersuchten städtischen Zweipersonenhaushalt dar, der sowohl ein Balkonkraftwerk als auch ein Elektroauto besitzt. Abbildung 7 zeigt die durchschnittliche Residuallast über ein Jahr hinweg unter dem statischen und dem zeitvariablen Entgeltmodell in einem städtisch geprägten Netzgebiet. Unter Anwendung zeitvariabler Netzentgelte zeigt sich in den Nachtstunden eine neu entstehende Lastspitze, die mit dem Beginn des Niedrigtarifs einsetzt. Diese Lastspitze resultiert daraus, dass das Elektroauto vermehrt nachts geladen wird, anstatt wie beim statischen Tarif über den Tag verteilt. Die Tarifstruktur im städtischen Netzgebiet setzt für Haushalte mit Elektroauto und Balkonkraftwerk Anreize, die potenziell zu einer netzdienlicheren Nutzung führen können. Dies könnte eine Reduktion der Netzauslastung bewirken und damit langfristig den Bedarf an Netzausbau verringern. In welchem Umfang sich Systemkosten durch die Einführung eines

zeitvariablen Entgeltmodells tatsächlich einsparen lassen, hängt maßgeblich vom Anteil der Haushalte mit Elektroautos sowie deren Ladeverhalten in Abhängigkeit von der Tarifstruktur ab, insbesondere im Hinblick auf mögliche gleichzeitige Ladeprozesse (Herdenverhalten).

Unter der Sensitivität eines zeitvariablen Netznutzungsentgelts in Verbindung mit einem dynamischen Strompreis erfolgt eine ähnliche zeitliche Verschiebung der Last in die frühen Morgenstunden. Die resultierende durchschnittliche Lastspitze verbleibt im Niedrigtarifzeitraum des städtischen Netzgebiets. Somit bestehen in diesem Szenario keine Zielkonflikte zwischen den durch das Netznutzungsentgelt induzierten netzdienlichen Anreizen und den strommarktdienlichen Preissignalen.

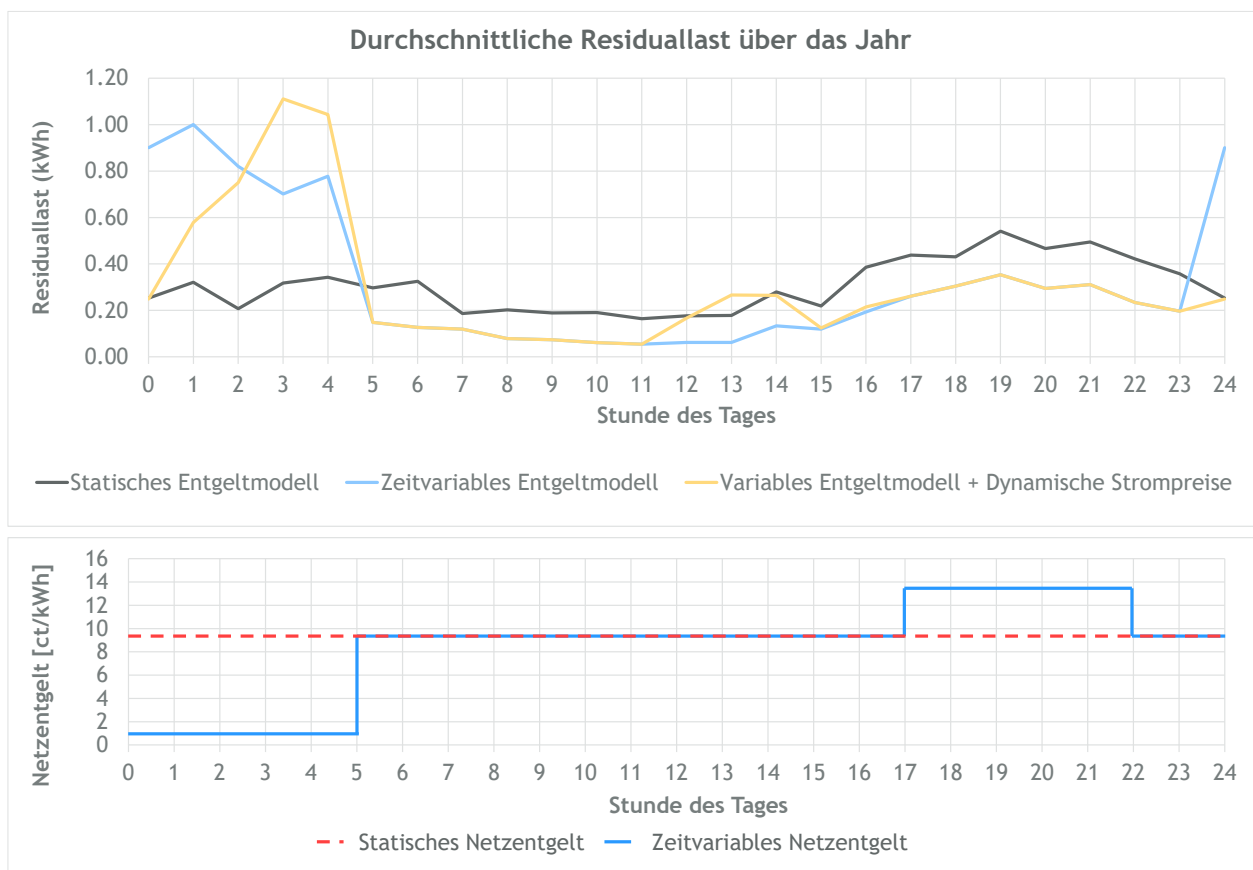


Abbildung 7: Durchschnittliche Residuallast über das Jahr unter dem statischen und dem zeitvariablen Entgeltmodell für den Zweipersonenhaushalt im MFH mit Balkonkraftwerk und Elektrofahrzeug

5. Verteilungswirkung und Systemkosten

Haushalte ohne Energiewendetechnologien verzeichnen in der kurzen Frist durch die Einführung zeitvariabler Netzentgelte kaum Veränderungen bei den jährlichen Stromkosten. Lediglich für die Haushaltstypen in einer ländlichen Region kommt es zu einer geringfügigen Mehrbelastung gegenüber dem bestehenden Netzentgeltsystem. Im Gegensatz dazu können Haushaltstypen mit Energiewendetechnologien ihren Strombezug durch den Einsatz steuerbarer Verbrauchseinrichtungen wie Wärmepumpen mit thermischem Speicher oder einer PV-Anlage mit Batterie an ein zeitvariables Netznutzungsentgelt anpassen und optimieren. In der kurzen Frist können diese Haushalte dadurch Kosteneinsparungen von bis zu 12 % bei den jährlichen Strombezugskosten erzielen.

Mit Blick auf die Verteilungswirkung würde auf der Erlösseite eines Netzbetreibers bei gleichbleibenden Ausgaben die Einnahmen sinken, da sich die Netzkostenbeteiligung von Haushalten mit Energiewendetechnologien reduziert. In der Folge könnten die Netzentgelte in den kommenden Jahren steigen, wovon insbesondere Haushalte, die nicht durch die zeitvariablen Netzentgelte entlastet werden, betroffen wären.

Allerdings ist davon auszugehen, dass sich die Einführung eines zeitvariablen Netznutzungsentgelts auch auf die notwendigen Ausgaben eines Netzbetreibers auswirkt. In einer Studie von Agora Energiewende (2023) wird gezeigt, dass die Effekte von Netzentgelten auf die Netzausbaukosten maßgeblich vom Dynamisierungsgrad der Entgelte, also deren Anpassungsmöglichkeit an tatsächlich erwartete Netzsituationen, abhängen. Die betrachteten statisch-zeitvariablen Netzentgelte werden ex ante festgelegt und spiegeln die Netzbelastung somit nur begrenzt wider. Sollten flexible Verbraucher in Zukunft vermehrt auf dynamische Strompreise reagieren, könnten statisch-zeitvariable die Netzbelastung nicht adäquat widerspiegeln, sodass der Umfang der Reduktion der Netzausbaukosten fraglich ist. Eine Möglichkeit, Entgelte stärker an die tatsächliche Netzsituation anzupassen, ist die Einführung dynamisch-zeitvariabler Netzentgelte, die sich an der Auslastung der Transformatoren im Netzgebiet orientieren. Treten besonders starke Börsenstrompreisausschläge auf, könnten solche dynamischen Netzentgelte einer drohenden Netzüberlastung wirksam entgegenwirken (Agora Energiewende 2023). Auch hier bestehen jedoch Fragen hinsichtlich der Verteilungswirkungen und des Verbraucherschutzes.

Da im Rahmen dieses Kurzgutachtens keine Modellierung des Stromnetzes erfolgte, können die Auswirkungen auf die Systemkosten nur qualitativ diskutiert werden. Die Ergebnisse zur Veränderung der Lastprofile von Haushalten mit Energiewendetechnologien verdeutlichen, dass der Effekt zeitvariabler Entgelte je nach Haushaltstyp und Netzentgeltstruktur unterschiedlich ausfallen könnte. Bei Haushalten in ländlichen Regionen, die zusätzlich zu Elektroauto und Wärmepumpe eine PV-Anlage und Batterie nutzen, sind die Auswirkungen eines zeitvariablen Netznutzungsentgelts vor allem im Winter wahrnehmbar. Während sich hier eine Verschiebung des Strombezugs in die Mittagsstunden ergibt, hat das zeitvariable Netzentgelt im Sommer kaum Auswirkungen auf die Residuallast. Unter der Annahme, dass das hier betrachtete Netzentgelt in einem Gebiet mit hoher Solareinspeisung Anwendung findet (Anreiz zum Strombezug in der Mittagszeit), könnte das zeitvariable Entgeltmodell nicht die intendierte Wirkung erzielen.

Während der Verbrauch im Winter tatsächlich in die Mittagsstunden verlagert wird, ist in dieser Jahreszeit nicht von einer sehr starken PV-Einspeisung und damit Netzbelastung auszugehen. Im Sommer wäre ein erhöhter Verbrauch erstrebenswert – hier wird der Strombedarf des Haushaltes allerdings nahezu vollständig durch Eigenverbrauch gedeckt und es wird zusätzlich Strom in das Netz eingespeist. Im Gegensatz dazu legt die Einzelfallbetrachtung eines städtischen Haushalts mit Elektroauto und Balkonkraftwerk nahe, dass ein zeitvariables Entgeltmodell die Netzausbaubedarfe reduzieren könnte. In diesem Fall passt der Haushalt die Fahrweise seines Elektroautos an die zeitvariablen Netzentgelte an und lädt vornehmlich in den frühen Morgenstunden mit wenig Netzbelastung. Dennoch sollten mögliche Phänomene wie Herdenverhalten, das durch viele gleichzeitige Ladeprozesse bei geringen Kosten und eine daraus resultierende hohe Netzbelastung gekennzeichnet ist, bedacht werden.

Um generelle Aussagen über die Systemwirkung zeitvariabler Netzentgelte zu treffen, müsste das Verhalten aller Haushalte eines Netzgebietes mit repräsentativen Energiewendetechnologien im Aggregat berücksichtigt werden. Deren Profile und resultierende Gleichzeitigkeitseffekte innerhalb eines Netzstrangs sind entscheidend für die Entwicklung der Netzkosten. Vor diesem Hintergrund bleibt die Frage bestehen, ob die geringeren Einnahmen eines Netzbetreibers infolge eines zeitvariablen Entgeltmodells durch mögliche Einsparungen bei den Systemkosten ausgeglichen werden können. Dabei ist entscheidend, dass das Entgeltmodell regional differenziert ausgestaltet wird, um der Heterogenität der Netzgebiete hinsichtlich Verbraucher- und Erzeugungsstruktur gerecht zu werden – ohne dabei Verbraucher ohne Flexibilisierungsmöglichkeiten zu benachteiligen.

Literaturverzeichnis

- Agora Energiewende (2023). Haushaltsnahe Flexibilitäten nutzen. Wie Elektrofahrzeuge, Wärmepumpen und Co. die Stromkosten für alle senken können. Online verfügbar unter https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2023/2023-14_DE_Flex_heben/A-EW_315_Flex_heben_WEB.pdf.
- BDEW (2025). BDEW-Strompreisanalyse Juli 2025. Online verfügbar unter <https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/bdew-strompreisanalyse/>.
- Bundesnetzagentur (2025a). Archivierte EEG-Vergütungssätze. Online verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/ErneuerbareEnergien/EEG_Foerderung/Archiv_VergSaetze/start.html.
- Bundesnetzagentur (2025b). Bundesnetzagentur legt Regelungen zur Integration steuerbarer Verbrauchseinrichtungen fest. Online verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2023/20231127_14a.html.
- Bundesnetzagentur (2025c). Diskussionspapier. Rahmenfestlegung der Allgemeinen Netzentgeltsystematik Strom (AgNes). Online verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Beschlusskammern/1_GZ/GBK-GZ/2025/GBK-25-01-1%233_AgNes/Downloads/Diskussionspapier.pdf?__blob=publicationFile&v=6.
- ef.Ruhr und EWI (2024). Abschätzung der Netzausbaukosten und die resultierenden Netzentgelte für Baden-Württemberg und Deutschland zum Jahr 2045. Online verfügbar unter https://www.ewi.uni-koeln.de/cms/wp-content/uploads/2024/04/2024_04_Abschlussbericht_Netzentgelte_BW_DE.pdf.
- Ffe (2020). Synthetic Sample Mobility Profile by Household Types (Germany). Online verfügbar unter <https://opendata.ffe.de/dataset/synthetic-sample-mobility-profile-by-household-types-germany/>.
- Ffe (2024). Variable Netzentgelte als Option für steuerbare Verbrauchseinrichtungen nach §14a. Online verfügbar unter <https://www.ffe.de/veroeffentlichungen/variable-netzentgelte-als-option-fuer-steuerbare-verbrauchseinrichtungen-nach-%C2%A714a/>.
- KfW (2024). KfW-Energiewendebarmeter 2024. Energiewende bei Privathaushalten schreitet auch in unsicherem Umfeld voran. Online verfügbar unter <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzerntemen/Research/PDF-Dokumente-KfW-Energiewendebarmeter/KfW-Energiewendebarmeter-2024.pdf> (abgerufen am 27.08.2025).
- Restel, Lisa/Say, Kelvin (2025). Counteracting the duck curve: Prosumage with time-varying import and export electricity tariffs. Energy Policy 198, 114461. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2024.114461>.

- Stromspiegel (2025). Durchschnittlicher Stromverbrauch nach Haushaltsgröße. Online verfügbar unter <https://www.stromspiegel.de/stromverbrauch-verstehen/stromverbrauch-im-haushalt/#c120951>.
- VDI (2021). VDI 4655. Referenzlastprofile von Wohngebäuden für Strom, Heizung und Trinkwarmwasser sowie Referenzerzeugungsprofile für Fotovoltaikanlagen. Online verfügbar unter <https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdi-4655-referenzlastprofile-von-wohngebaeuden-fuer-strom-heizung-und-trinkwarmwasser-sowie-referenzerzeugungsprofile-fuer-fotovoltaikanlagen>.
- Verbraucherzentrale (2025). Energieausweis: Was sagt dieser Steckbrief für Wohngebäude aus? Online verfügbar unter <https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/energetische-sanierung/energieausweis-was-sagt-dieser-steckbrief-fuer-wohngebaeude-aus-24074>.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Definition der Beispielhaushalte ohne Energiewendetechnologien	7
Abbildung 2: Definition der Beispielhaushalte mit Energiewendetechnologien	8
Abbildung 3: Tarifstruktur eines ländlichen und eines städtischen Netzbetreibers	11
Abbildung 4: Anteil jährlicher Strombezugskosten am Einkommen bei statischem und variablem Entgeltmodell	16
Abbildung 5: Durchschnittliche Residuallast im Winter unter dem statischen und dem zeitvariablen Entgeltmodell für den Vierpersonenhaushalt im EFH mit PV-Anlage, Batterie, Elektrofahrzeug und Wärmepumpe	17
Abbildung 6: Durchschnittliche Residuallast im Sommer unter dem statischen und dem zeitvariablen Entgeltmodell für den Vierpersonenhaushalt im EFH mit PV-Anlage, Batterie, Elektrofahrzeug und Wärmepumpe	18
Abbildung 7: Durchschnittliche Residuallast über das Jahr unter dem statischen und dem zeitvariablen Entgeltmodell für den Zweipersonenhaushalt im MFH mit Balkonkraftwerk und Elektrofahrzeug	19
Abbildung 8: Mögliche Energieflüsse eines Haushaltes mit PV-Anlage, Batterie, Wärmepumpe und Elektroauto	27
Abbildung 9: Anteil jährlicher Strombezugskosten am Einkommen bei statischem und variablem Entgeltmodell für alle Haushaltstypen	28

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Annahmen zu den Strombezugskosten in den Szenarien	9
Tabelle 2: Jährliche Strombezugskosten unter dem zeitvariablen Entgeltmodell und Differenz zum derzeitigen zeitinvarianten Netzentgelt	13
Tabelle 3: Jährliche Strombezugskosten unter dem zeitvariablen Entgeltmodell in Kombination mit dynamischen Strombeschaffungspreisen	14
Tabelle 4: Annahmen zu den Technologiekapazitäten nach Haushaltstyp.....	26

Anhang

A.1 Annahmen zu den Technologiekapazitäten

Tabelle 4: Annahmen zu den Technologiekapazitäten nach Haushaltstyp

Haushaltstyp	Technologie	Kapazität	Quelle
Vierpersonenhaushalt (EFH)	PV-Anlage	7 kW _p	Auswertung Marktstammdatenregister
	Batterie: Speicherkapazität	8,5 kWh	BSW Solar (2025)
	Batterie: Lade- und Entladeleistung	5,0 kW	htw (2024)
	Elektroauto (Mittelklasse)	60 kWh	Fraunhofer ISI (2025)
	Wallbox	11 kW	Orientiert an ADAC (2025)
	Wärmepumpe Pufferspeicher Warmwasserspeicher	2 kW _{el} 9 kWh _{th} 4 kWh _{th}	Eigene Annahmen und Berechnungen auf Grundlage des angenommenen Heizbedarfs und -profils sowie eines Dokuments zur Planung von Heizsystemlösungen.
	Wohnfläche Spezifischer Heizbedarf Spezifischer Warmwasserbedarf	130 m ² 50 kWh _{th} /m ² /a 12,5 kWh _{th} /m ² /a	Annahme basierend auf Zensus (2022) Annahme der Effizienzklasse A DIN V 4701-10
Zweipersonenhaushalt (MFH)	PV-Anlage	0,5 kW _p	Auswertung Marktstammdatenregister
	Elektroauto (Kleinwagen)	40 kWh	Fraunhofer ISI (2025)
	Wallbox in der Tiefgarage	11 kW	Orientiert an ADAC (2025)

A.2 Details zum verwendeten Optimierungsmodell

In Abbildung 8 sind die möglichen Energieflüsse des Vierpersonenhaushaltes vereinfacht dargestellt. Diese Logik ist analog auf den Zweipersonenhaushalt im MFH übertragbar, wobei die Flüsse von/zu nicht vorhandenen Technologien entfallen.

Eingangsdaten in die Optimierung sind das Stromlastprofil, das Mobilitätsverhalten und der Wärmebedarf sowie die technischen Parameter der Energiewendetechnologien der definierten Haushaltstypen (siehe Kapitel 3.1). Es wird ein Jahr stündlich optimiert. Dabei fließen technische Einschränkungen wie Ladezustände, (Ent-)Ladebegrenzungen, Wirkungsgrade, Alterung oder Selbstentladung der thermischen Speicher in die Berechnung ein. Da es sich um ein „Perfect-Foresight“ Modell handelt, bei dem zukünftige Entwicklungen vollständig bekannt und somit ohne Unsicherheiten berücksichtigt werden, sind die ausgewiesenen Ergebnisse als Untergrenze der Strombezugskosten zu interpretieren.

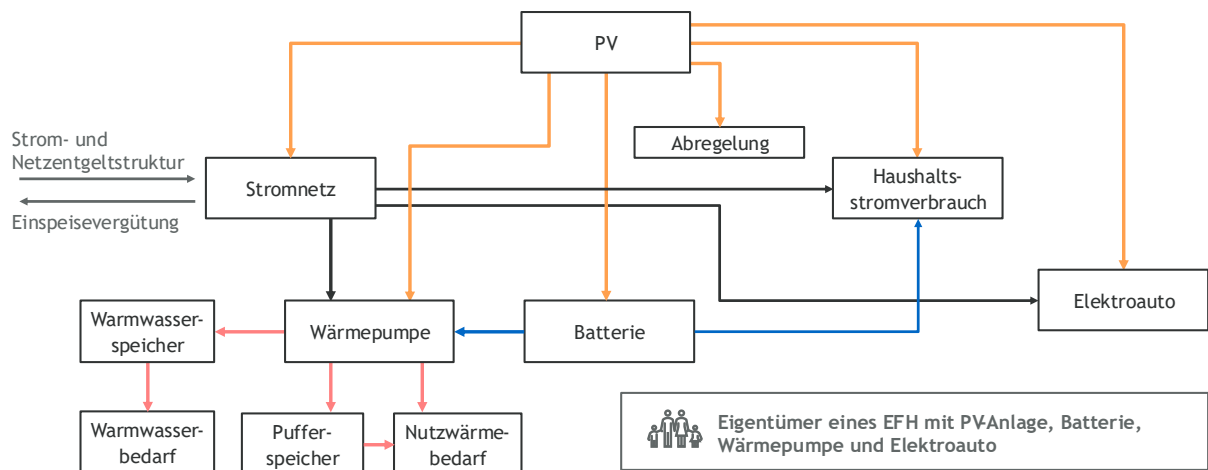


Abbildung 8: Mögliche Energieflüsse eines Haushaltes mit PV-Anlage, Batterie, Wärmepumpe und Elektroauto

A.3 Belastung verschiedener Haushaltstypen nach Einkommensdezil

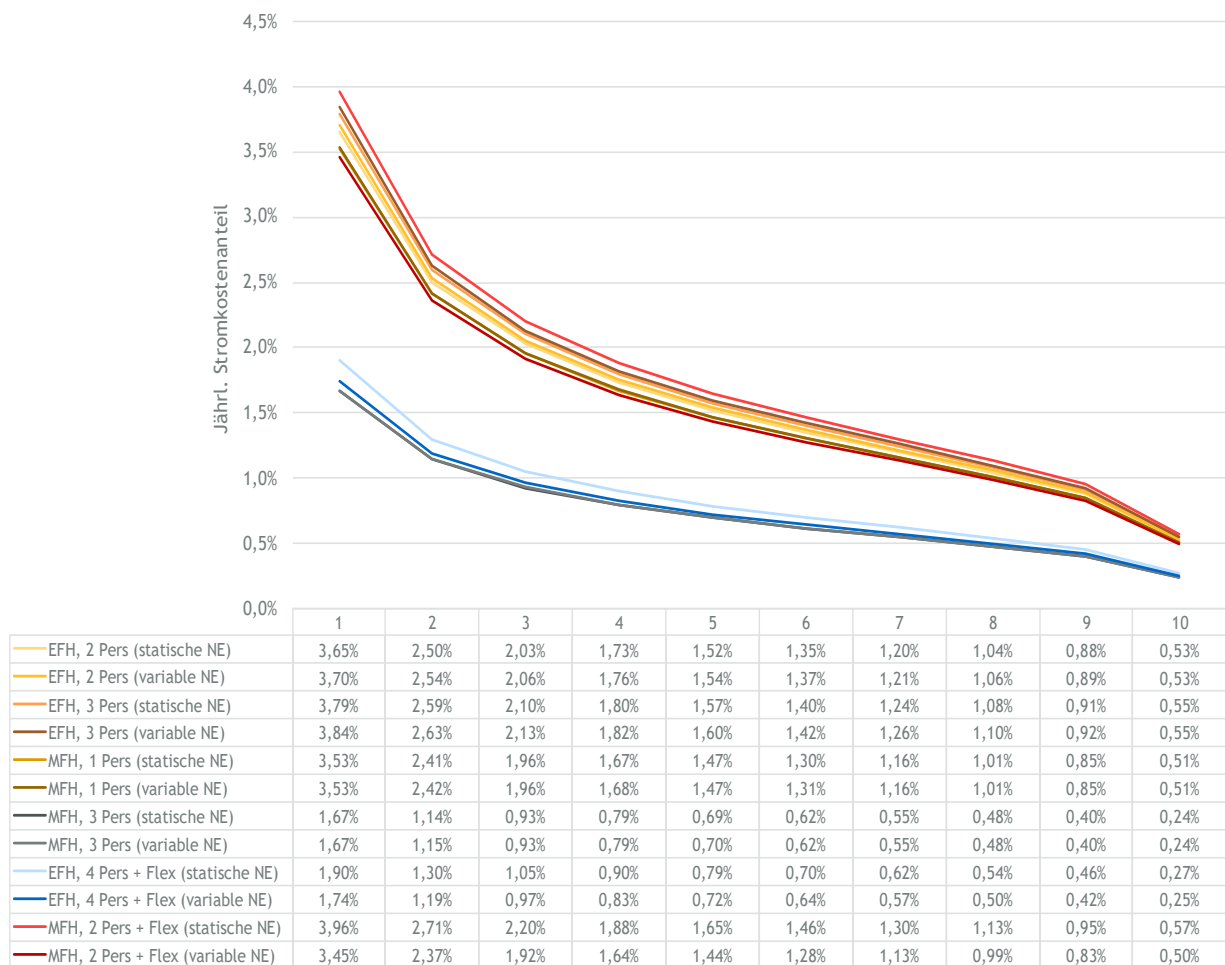


Abbildung 9: Anteil jährlicher Strombezugskosten am Einkommen bei statischem und variablem Entgeltmodell für alle Haushaltstypen